

(in English: see below)

Mécanismes de fragilisation d'alliages Cu-Zn par l'eutectique Ga-In.

La fragilisation par les métaux liquides (FML) correspond à la perte totale ou partielle de la ductilité d'alliages métalliques en présence de métal liquide et ainsi d'un endommagement précoce de structures ou matériaux. Des cas de FML pour les alliages métalliques en contact avec des métaux liquides sont à prendre en compte dans la sûreté des installations utilisant les métaux liquides (réacteurs nucléaires, solaire thermique haute température, ...) ou lors de la galvanisation des aciers ou lors du soudage.

Deux phénomènes peuvent expliquer la FML : le plus connu, un mouillage spontané au niveau des joints de grains, le second requiert une déformation plastique en présence de métal liquide. C'est ce dernier cas concernant à priori tout alliage métallique en présence d'un métal liquide qui fait l'objet de la thèse proposée.

L'objectif de la thèse est *d'étudier et de comprendre* l'apparition de la FML pour différents laitons (alliages Cu-Zn avec différents pourcentages de zinc) en présence de l'eutectique Ga-In, notamment aux échelles macroscopique, mésoscopique, et microscopique. On mènera une quantification du phénomène notamment en terme de diminution de facteur d'intensité de contrainte critique.

Les conditions de FML pour les matériaux considérés seront étudiées par des essais mécaniques à l'air et en métal liquide et l'analyse des faciès de rupture et des chemins de fissuration. Différents paramètres pourront être étudiés : microstructure, vitesse de déformation, et conditions d'interface laitons / alliages métalliques, qui seront analysées (mesure de mouillage, ToF-SIMS ...). Les mesures mécaniques devront permettre de déterminer les facteurs d'intensité de contrainte critique pour la rupture dans les cas fragilisants à partir d'essais in-situ en MEB à une échelle mésoscopique mais aussi au niveau des joints de grains.

Cette étude se fera dans le cadre de l'ANR GauguIn (Fragilisation par les métaux liquides : phénomènes et prédiction – appliquée au système alliages de Cuivre / Ga-In) dont l'objet est de déterminer une méthodologie sur un système modèle pouvant prédire les conditions de propagation d'une rupture fragile en présence de métal liquide.

La thèse aura lieu au sein de trois laboratoires : Unité Matériaux et Transformations (UMET – Univ. Lille), Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM-Paris), et Laboratoire de Mécanique des Sols, Structures et Matériaux (MSSMAT-Saclay). La première partie de thèse sera effectuée à l'UMET.

Ce travail de thèse s'adresse à une personne ayant une formation en sciences des matériaux. Une connaissance en physicochimie et/ou en mécanique sera appréciable et nécessaire. La personne devra avoir des aptitudes et la volonté à mener un travail expérimental sans pour autant s'exclure de mener des calculs de simulation mécanique. Un travail en interaction avec les différents laboratoires participant à l'ANR, un autre thésard et un post-doc sera effectué.

Durée de la thèse : 36 mois

Début de thèse : 1^{er} Octobre 2019

Financement de thèse : ANR

Personne à contacter (CV et lettre de motivation) : Ingrid PRORIOI SERRE - ingrid.proriol-serre@univ-lille.fr

Mechanisms of liquid metal embrittlement of Cu-Zn alloys by liquid Ga-In eutectic.

Liquid Metal Embrittlement (LME) is the total or partial loss of the ductility of metallic alloys loading in the presence of a liquid metal. LME induces early damage of structural materials. Cases of LME for metallic alloys in contact with liquid metals are to be taken into account in the safety of installations using liquid metals (nuclear reactors, solar thermal energy, ...) or during the galvanizing of steels or during welding. Two phenomena can explain the LME: the first and most known, a spontaneous wetting at the level of the grain boundaries, the second one requires a plastic deformation in the presence of liquid metal. The latter which has been reported for a wide range of metallic alloys is the objective of the proposed study.

The aim of the thesis is to study and understand the LME occurrence for different brasses (copper alloys containing different levels of zinc) in the presence of the liquid Ga-In eutectic, at the macroscopic, mesoscopic, and microscopic scales. A quantification of the phenomenon will be carried out in particular in terms of reduction of critical stress intensity factor. LME conditions for the considered materials will be studied by mechanical tests in air and in presence of liquid metal. Analysis of fracture surfaces and cracking paths will be carried out. Various parameters can be studied: microstructure, strain rate, and conditions of interface between the brasses and the liquid metal. The latter parameter will be studied in details (wetting measurement, ToF-SIMS ...). In case of LME sensitivity, in-situ tests in SEM at a mesoscopic scale but also at the level of the grain boundaries will be performed to understand the phenomena at mesoscopic and microscopic scales and to determine of the critical stress intensity factors in presence of liquid metal.

This study will be carried out within the framework of the GauguIn ANR (Liquid metal embrittlement occurrence: phenomena and prediction – applied to the Cu-alloys/Ga-In system) whose purpose is to determine a methodology on a model system able to predict the propagation conditions of a brittle fracture in the presence of liquid metal.

The PhD work will be conducted in three laboratories: Unité Matériaux et Transformations (UMET - Lille University), Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM-Paris), and Laboratoire de Mécanique des Sols, Structures et Matériaux (MSSMAT-Saclay (near Paris)). In the first part of the thesis, the PhD student will work at UMET.

The candidate should have a background in materials science. Knowledge in physico-chemistry and / or mechanics will be valuable and will be necessary. The person will have skills and willingness to carry out experimental work. without however being excluded to carry out mechanical simulation. A work in interaction with the different laboratories participating in the ANR, another PhD student and a postdoc will be performed.

The candidate should have a background in materials science. Knowledge in electrochemistry-corrosion or mechanic will be valuable and will be necessary. The person will have skills and willingness to carry out experimental work.

Duration of the thesis: 3 years (36 months)

Start of the PhD thesis: October 1th. 2019

Grant financed by ANR project

Send a CV and a motivation letter to Ingrid PRORIOLE SERRE – ingrid.proriol-serre@univ-lille.fr